

6. Котенко, А. Г. Интенсификация процесс приготовления эмульсий для хлебопекарного производства в электромагнитных аппаратах [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / А. Г. Котенко. — К., 1985. — 203 с.
7. Шеляков, О. П. Исследование перемешивания и диспергирования в вихревом слое, созданном вращающимся электромагнитным слоем [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / О. П. Шеляков. — М., 1974. — 176 с.
8. Козин, Н. И. Применение эмульсий в пищевой промышленности [Текст] / Н. И. Козин, И. А. Снегирева, Г. К. Беляева и др.; под ред. Н. И. Козина. — М.: Пищевая промышленность, 1986. — 249 с.
9. Капліна, Т. В. Розробка технологічно стабільних емульсій з використанням оброблення у вихровому шарі ферромагнітних частинок [Текст]: темат. зб. наук. пр. / Т. В. Капліна, О. В. Іванова // Обладнання та технології харчових виробництв. — Донецьк: ДонНУЕТ, 2010. — Вип. 23. — С. 88–94.
10. Логвиненко, Д. Д. Интенсификация технологических процессов в аппаратах с вихревым слоем [Текст]: монография / Д. Д. Логвиненко, О. П. Шеляков. — К.: Техника, 1976. — 144 с.

ОБОСНОВАНИЕ УСЛОВИЙ ЭМУЛЬГИРОВАНИЯ ЖИДКИХ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ В ВИХРЕВОМ СЛОЕ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ЧАСТИЦ

В статье рассмотрена возможность использования вихревого слоя ферромагнитных частиц для обработки жидких пищевых систем. Определено, что на качество эмульсии влияют параметры рабочих элементов — диаметр, длина, геометрические размеры, коэффициент заполнения рабочей камеры ферромагнитными частицами и средой, которую обрабатывают. Определены оптимальные параметры эмульгирования, которые позволяют получить стабильные эмульсии.

Ключевые слова: эмульсия, вихревой слой, вращающееся электромагнитное поле, ферромагнитные частицы, параметры эмульгирования.

Капліна Тетяна Вікторівна, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри готельно-ресторанної та курортної справи, Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Україна.

Положишнікова Людмила Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра технологій харчових виробництв і ресторанного господарства, Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Україна, e-mail: polozhyshnik_lo@mail.ru.

Молчанова Наталія Юріївна, кандидат технічних наук, кафедра технологічного обладнання харчових виробництв і торгівлі, Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Україна.

Каплина Татьяна Викторовна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой отельно-ресторанного и курортного дела, Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Украина.

Положишнікова Людмила Александровна, кандидат технических наук, доцент, кафедра технологий пищевых производств и ресторанного хозяйства, Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Украина.

Молчанова Наталья Юрьевна, кандидат технических наук, кафедра технологического оборудования пищевых производств и торговли, Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Украина.

Kaplina Tatjana, Higher Educational Institution of Ukoopsilka «Poltava University of Economics and Trade», Ukraine.

Polozhyshnikova Lyudmila, Higher Educational Institution of Ukoopsilka «Poltava University of Economics and Trade», Ukraine, e-mail: polozhyshnik_lo@mail.ru.

Molchanova Natalya, Higher Educational Institution of Ukoopsilka «Poltava University of Economics and Trade», Ukraine

УДК 664.642

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.51760

**Попова С. Ю.,
Никифоров Р. П.,
Слащева А. В.**

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПОПЕРЕДНЬОЇ АКТИВАЦІЇ ДРІЖДЖІВ

Розглянуто математичний розрахунок залежності підйомної сили та осмочутливості дріжджових клітин у залежності від температури та тривалості процесу попередньої активації дріжджів (ПАД). Планування експерименту було виконано за ортогональним симетричним планом Бокса-Бенкина. В результаті проведених експериментальних та розрахункових задач було визначено оптимальні параметри активації дріжджів в присутності сухої картопляної добавки (СКД).

Ключові слова: суха картопляна добавка, попередня активація дріжджів, підйомна сила дріжджів, осмочутливість.

1. Вступ

В процесі виробництва дріжджового тіста як правило використовують пресовані або сухі дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, які сприяють протіканню спиртового та інших видів бродіння тіста.

Теоретичні основи спиртового бродіння полягають у тому, що хлібопекарські дріжджі можуть зброджувати моно-, ді- та трисахариди. Для дріжджів характерно послідовне споживання різних цукрів: спочатку вони

зброджують моносахариди (глюкозу, фруктозу), потім мальтозу.

Борошно містить у своєму складі вільні цукри та крохмаль, які гідролізуються під дією ферментів борошна з утворенням мальтози. Основним вуглеводом при збродженні тіста є саме мальтоза та у деякій мірі мальтотриоза, які утворюються під впливом амілолітичних ферментів борошна. Ферменти, які беруть участь у транспорті та збродженні мальтози (мальтозоперміаза), утворюються тільки після того, як дріжджові

клітини потрапляють у середовище, що містить цей дисахарид [1].

Перебудова дріжджів зі зброджування глюкози на зброджування фруктози, і особливо мальтози, потребує деякого часу, що пов'язано з індукцією ферментів, тому швидкість газоутворення в дріжджовому тісті в цей період знижується.

Після адаптації до зброджування мальтози швидкість газоутворення знову зростає, доки не відбудеться недолік мальтози у середовищі, тобто матиме місце другий підйом тіста [2].

Інтенсивність ферментних перетворень у середині клітини залежить від стану клітинної стінки, впливом на яку можна регулювати швидкість біохімічних процесів бродіння. Згідно з літературними даними [2], для дріжджів характерно послідовне споживання різних цукрів, спочатку вони зброджують прості цукри, потім більш складні, при цьому розщеплюючи їх на прості.

Таким чином, вуглеводний склад поживного середовища є одним з найважливіших факторів, що обумовлюють фізіологічний стан дріжджів. Отже, цей факт дає можливість прогнозувати, що розробка технологій добавок із певним вуглеводним складом є перспективним напрямком в області удосконалення технологічного процесу виробництва дріжджового тіста.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Найбільш тривалим процесом всього технологічного циклу виробництва дріжджового тіста є процес дозрівання. Прискорити процес дозрівання, майже всіх видів тіста, можна за рахунок застосування харчових добавок [3, 4], або різноманітних способів активації хлібопекарських дріжджів.

Ферментативні системи енергетичного обміну пресованих дріжджів пристосовані до аеробно-сахарозного середовища і мало придатні для анаеробно-мальтозного середовища пшеничного тіста. Для адаптації до борошняного середовища з метою перебудови енергетичного обміну дріжджів з процесу дихання на процес бродіння і посилення синтезу бродильних ферментів у технологічний процес рекомендовано вводити додаткову операцію — попередню активацію дріжджів, яка передбачає їх витримку в різних поживних середовищах і дії на клітини фізичних чинників перед їх внесенням у тісто [2].

У технологічній практиці виробництва дріжджового тіста розрізняють хімічні та фізичні способи активації дріжджових клітин.

Так, наприклад, відомий спосіб приготування тіста з використанням плазмохімічно активованих водних розчинів [5].

Автори [6] запропонували спосіб активації дріжджової суспензії дискретно-імпульсним введенням енергії протягом $(9...11) \cdot 60$ с. Було встановлено, що такий спосіб попередньої обробки дріжджів сприяє покращенню показників підйомної сили тіста, а також зимазної та мальтазної активності дріжджів.

Відомий спосіб активації дріжджового тіста, що передбачає витримування дріжджів у водному розчині мікробного полісахарида ксампану, взятого в кількості 0,05–0,15 % до маси борошна, при температурі 35 °С протягом 40–60 с. Полісахариди рослинного та мікробного походження сприяють поліпшенню фізико-хімічних

та реологічних властивостей тіста, при цьому спостерігається підвищення виходу виробів та уповільнення процесів черствіння [7].

Групою дослідників [8], запропоновано спосіб одержання дріжджового тіста, який включає активацію дріжджів у водно-борошняно-дріжджовій суспензії на основі ячмінного борошна, яку витримують протягом $(30...35) \cdot 60$ с за температури 18...25 °С. Технологічний ефект полягає у скороченні часу бродіння тіста на 20–40 %, підвищенні технологічності процесу та поліпшенні пористості готових виробів.

3. Об'єкт, мета та задачі дослідження

Об'єкт дослідження — модельні системи дріжджового тіста.

Метою проведених досліджень є наукове обґрунтування технологічних параметрів процесу попередньої активації дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*, у якості поживного середовища запропоновано суху картопляну добавку (СКД).

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні задачі:

- дослідити залежність температури та тривалості попередньої активації дріжджів на підйомну силу;
- визначити залежність температури та тривалості активації на осмочутливість дріжджів;
- знайти оптимальні параметри попередньої активації дріжджів.

4. Матеріали та методи дослідження ферментативної активності дріжджів

Методичною основою виконання комплексних досліджень є встановлення оптимальних параметрів попередньої активації дріжджів (ПАД) за ступенем осмочутливості та підйомної сили дріжджів. Для визначення оптимальних параметрів процесу ПАД був застосований метод планування експерименту. Цей метод є найбільш раціональним та може бути використаний на будь-якій модельній системі [9].

Підйомну силу дріжджів виміряли прискореним методом за часом впливання кульки тіста. Осмочутливість — методом порівняльного оцінювання підйомної сили дріжджів у тісті без солі та з підвищеним її вмістом.

Для приготування контрольного зразка використовували рецептуру безопарного дріжджового тіста. Для досліджуваного зразка використовували рецептуру безопарного дріжджового тіста із додавання сухої картопляної добавки (СКД) на етапі активації дріжджів.

Проведеними раніше дослідженнями прямого підрахунку колонії дріжджових клітин [10] встановлено, що введення СКД у середовище активації дозволяє значно скоротити лаг-фазу, тобто адаптація дріжджових клітин за наявності добавки відбувається інтенсивніше, ніж у зразку дріжджового середовища з цукром.

Також доведено, що присутність у середовищі активації дріжджів сприяє покращенню показників ферментативної активності (зимазної та мальтазної) досліджуваних зразків у порівнянні з контролем.

Цей аспект дозволяє прогнозувати скорочення часу технологічного процесу розстоювання тіста, а також підтверджує посилення щодо вилучення з рецептурного складу цукру.

5. Результати оптимізації параметрів процесу попередньої активації дріжджів

Активацию дріжджів розглядають як стадію адаптації дріжджових клітин до анаеробного мальтозно-борошняного середовища, а також відновлення їх життєдіяльності, поліпшення біотехнологічних властивостей, що призводить до інтенсифікації технологічного процесу та покращення якості дріжджових виробів [11].

Швидкість і направленість біохімічних реакцій, що викликаються дріжджовими клітинами, піддаються адаптивному регулюванню. Змінюючи склад поживного середовища і концентрацію розчинних речовин, можна забезпечити підтримання структури і функції ферментів з регуляцією їх активності [11].

Відомо, що для швидкої адаптації дріжджових клітин до борошняного тіста доречно використовувати рідкі поживні середовища, які містять у своєму складі вуглеводи, воду, азот, біогенні та олігобіогенні речовини, вітаміни тощо. Наявність поживних речовин у середовищі активації та їх доступність для споживання дріжджовими клітинами сприяють підвищенню енергії бродіння за рахунок перебудови енергетичного обміну з дихального на бродильний.

Враховуючи дані попередніх досліджень способів активації дріжджів [7, 8] та власні дослідження процесу набрякання СКД у воді, поєднання компонентів проводили при гідромодулі 1:5, що забезпечило рівномірний розподіл дріжджових клітин та поживного середовища в суспензії.

Параметри активації дріжджів обирали, спираючись на дані літературних джерел [2, 11]: температура від 20 до 40 °С, тривалість — (10...30) · 60 с.

В якості пріоритетних показників було обрано підйомну силу та осмочутливість дріжджів.

Для визначення оптимальних параметрів процесу попередньої активації дріжджів (ПАД) був застосований метод планування експерименту. Процес ПАД характеризується наступними параметрами: x_1 — температура, °С; x_2 — тривалість активації, $\tau \cdot 60$ с. В якості функцій відклику, що характеризують ступінь максимального розпушення тіста, прийнято: Y_1 — підйомна сила дріжджів, $\tau \cdot 60$ с; Y_2 — осмочутливість дріжджів, $\tau \cdot 60$ с.

Планування експерименту виконано за ортогональним симетричним планом Бокса-Бенкина. Всі фактори експерименту варіювалися на верхньому («+») та нижньому («-») рівнях, значення яких були обрані по результатах попередніх експериментів. Було використано повний двофакторний експеримент з рівнями варіювання -1; 0; +1 [12].

В табл. 1 наведено умови проведення повного двофакторного експерименту.

Таблиця 1

Рівні та інтервали факторів варіювання

Рівні	Фактори	
	Температура t , °С	Тривалість обробки $\tau \cdot 60$, с
	x_1	x_2
Основний (x_{i0})	30	20
Інтервал варіювання (Δx_i)	10	10
Верхній ($x_{i \max}$)	40	30
Нижній ($x_{i \min}$)	20	10

В табл. 2 наведено матрицю планування експерименту.

Таблиця 2

Матриця планування експерименту

j	Значення фактора					x_1x_2	$x_1^2 - \lambda_2$	$x_2^2 - \lambda_2$
	натуральні		кодовані					
	t, °C	$\tau \cdot 60$, c	x_0	x_1	x_2			
1	20	10	+1	-1	-1	+1	0,33	0,33
2	40	10	+1	+1	-1	-1	0,33	0,33
3	20	30	+1	-1	+1	-1	0,33	0,33
4	40	30	+1	+1	+1	+1	0,33	0,33
5	20	20	+1	-1	0	0	0,33	0,67
6	40	20	+1	+1	0	0	0,33	0,67
7	30	10	+1	0	-1	0	-0,67	0,33
8	30	30	+1	0	+1	0	-0,67	0,33
9	30	20	+1	0	0	0	-0,67	0,67
$\sum_{u=1}^N x$	—	—	9	6	6	4	2	2

Математична модель поверхні відклику має вигляд:

$$\bar{Y}_i = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_1 x_2 + b_4 (x_1^2 - \lambda_2) + b_5 (x_2^2 - \lambda_2), \quad (1)$$

де $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ — коефіцієнти поліному:

$$b_i = \frac{\sum_{U=1}^N x_{iU} Y_U}{\sum_{U=1}^N x_{iU}^2}. \quad (2)$$

Після знаходження коефіцієнтів поліному знаходиться математична модель поверхні відклику у відносних змінних.

Відносні змінні перетворюються на натуральні за формулою:

$$\tilde{x} = \frac{X_i - E_{i0}}{E_i}. \quad (3)$$

Для оцінки адекватності регресії використано критерій Фішера:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_e^2} \leq F_{0,95(7;5)}^{табл}, \quad (4)$$

де S_{ad}^2 — дисперсія адекватності; S_e^2 — дисперсія повторюваності; $F_{0,95(7;5)}^{табл}$ — табличне значення F -розподілу, $F_{0,95(7;5)}^{табл} = 4,87$.

На першому етапі досліджували вплив температури та тривалості попередньої активації дріжджів на підйомну силу.

Здатність дріжджів зброджувати глюкозу та фруктозу виявляють за показником підйомної сили дріжджів та мальтазної активності. За показником підйомної сили

дріжджів можна зробити висновок про швидкість підйому тіста (для дріжджів з нормальною підйомною силою цей показник не повинен перевищувати 70 · 60 с) [11].

Результати експерименту по визначенню підйомної сили, вираженої в хвилинах, представлено в табл. 3.

Таблиця 3

Результати експерименту по визначенню підйомної сили

j	Фактори			Y _{1,1}	Y _{1,2}	Y _{1,3}	Y _{1,4}	Y _{1,5}	Y _{1,ср}
	x ₁	x ₂	x ₁ x ₂						
1	-1	-1	1	58,1	58,6	54,6	57,4	59,1	57,6
2	+1	-1	-1	47,8	46,3	48,3	51,1	45,6	47,8
3	-1	+1	-1	55,4	54,3	56	56	53,4	55,0
4	+1	+1	1	51	49,9	49,6	53,3	52,1	51,2
5	-1	0	0	57,7	56,8	56,3	55,3	57	56,6
6	+1	0	0	49	48,4	47,9	48,3	48,4	48,4
7	0	-1	0	45,5	46	43	47,4	44,3	45,2
8	0	+1	0	42,8	42,2	44,8	43,4	43,1	43,3
9	0	0	0	42,7	42,2	42,7	41,1	42,6	42,3

Після перетворень в натуральних змінних поліном має вигляд:

$$Y_1 = 149,41 - 6,17x_1 - 0,83x_2 + 0,01x_1x_2 + 0,09x_1^2 - 0,01x_2^2.$$

Розрахунок критерію Фішера наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Розрахунок критерію Фішера

j	Фактори			Y _{1,ср}	\bar{Y}_1	S _{ad} ²	S _b ²
	x ₁	x ₂	x ₁ x ₂				
1	-1	-1	1	57,56	58,38	1,10 · 10 ⁻¹	0,835467
2	+1	-1	-1	47,82	48,16	1,90 · 10 ⁻²	1,2152
3	-1	+1	-1	55,02	55,04	5,60	0,3472
4	+1	+1	1	51,18	50,72	3,50 · 10 ⁻²	0,633867
5	-1	0	0	56,62	55,79	1,15 · 10 ⁻¹	0,212533
6	+1	0	0	48,40	48,52	2,40 · 10 ⁻³	0,041333
7	0	-1	0	45,24	44,09	2,21 · 10 ⁻¹	0,747467
8	0	+1	0	43,26	43,70	3,22 · 10 ⁻²	0,250133
9	0	0	0	42,26	42,97	8,48 · 10 ⁻²	0,123467
—	—	—	—	—	—	6,21 · 10 ⁻¹	4,406667
$F = \frac{S_{ad}^2}{S_b^2}$						0,14	

Критерій Фішера для отриманої математичної моделі $F = 0,141 \leq 4,87$, що свідчить про адекватність отриманої регресії.

Поверхню відгуку підйомної сили дріжджів від температури та тривалості активації наведено на рис. 1. Дані наведені з урахуванням похибки експерименту.

Як можна бачити з рис. 1 процес ПАД сприяє покращенню підйомної сили дріжджів — при підвищенні температури до 40 °С відбувається зниження досліджуваного показника на 6 %. Тривалість попередньої акти-

вації досягає свого максимального значення вже після 20 · 60 с та з часом обробки майже не змінюється. Отже, показник підйомної сили досягає порогового значення при даних параметрах активації при досягненні потрібної температури (30...35 °С).

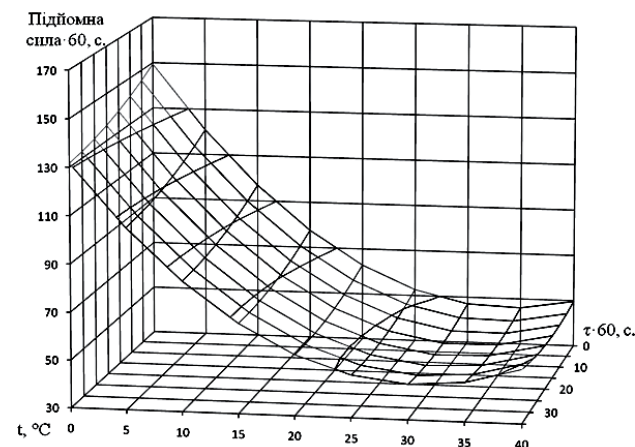


Рис. 1. Залежність підйомної сили від температури та тривалості попередньої активації дріжджів

Аналізуючи отриману залежність, можна зробити висновок, що підйомна сила досягає значення, що відповідає порогу максимальної розпушеності тіста при параметрах температури близько 30 °С.

Однак, зважаючи на те, що процес ПАД не використовують при виробництві дріжджового тіста за традиційною технологією, виявляється більш доцільно рівняти на підйомну силу дріжджів тіста зробленого традиційним способом, тобто контролю. Значення підйомної сили дріжджів тіста, виготовленого за традиційною технологією, досягають свого піку значно пізніше.

Таким чином, вищезазначені дані свідчать про те, що температура більша за 35 °С є граничною для проведення процесу ПАД, а показники підйомної сили досягають оптимального значення вже після 20 · 60 с.

На другому етапі було проведено дослідження щодо впливу температури та тривалості активації на осмочутливість дріжджів.

В технологічній практиці осмочутливість дріжджів показує їх властивість не знижувати свою ферментативну активність у середовищі з підвищеним осмотичним тиском. Різниця у підйомній силі дріжджів залежно від осмотичного тиску середовища виражається в хвилинах та розглядається як непрямий показник стійкості дріжджів. Дріжджі з осмочутливістю (1...10) · 60 с вважаються стійкими при зберіганні та характеризуються доброю осмочутливістю, (10...20) · 60 с — задовільною, вище 20 · 60 с — поганою [11].

Авторами даної статті було проведено дослідження по визначенню осмочутливості дріжджів для контрольного зразка та повного ряду модельних зразків.

Результати експерименту по визначенню осмочутливості дріжджів, вираженої в хвилинах, представлено в табл. 5.

Після перетворень в натуральних змінних поліном має вигляд:

$$Y_2 = 45,90 - 2,14x_1 - 0,24x_2 + 0,002x_1x_2 + 0,03x_1^2 + 0,004x_2^2.$$

Таблиця 5

Результати експерименту по визначенню осмочутливості дріжджів

j	Фактори			$Y_{1,1}$	$Y_{1,2}$	$Y_{1,3}$	$Y_{1,4}$	$Y_{1,5}$	$Y_{1,ср}$
	x_1	x_2	x_1x_2						
1	-1	-1	1	13,9	14,7	14,2	14,5	13,8	14,2
2	+1	-1	-1	9,3	9,5	9,3	9,4	9,4	9,4
3	-1	+1	-1	13,4	12,9	13,8	13,1	13,5	13,3
4	+1	+1	1	9,1	9	9,8	9,1	9,7	9,3
5	-1	0	0	12,7	13,3	13,2	12,8	13,4	13,1
6	+1	0	0	8,7	9,2	8,7	8,9	8,7	8,8
7	0	-1	0	8,1	7,9	8,1	8	8,4	8,1
8	0	+1	0	8,5	8,4	8	8,4	8,6	8,4
9	0	0	0	8,2	8,5	8,1	8,1	8,1	8,2

Розрахунок критерію Фішера наведено в табл. 6.

Таблиця 6

Розрахунок критерію Фішера

j	Фактори			$Y_{1,ср}$	\bar{Y}_1	S_{ad}^2	S_b^2
	x_1	x_2	x_1x_2				
1	-1	-1	1	14,22	14,00	$7,82 \cdot 10^{-3}$	0,0392
2	+1	-1	-1	9,38	9,22	$4,09 \cdot 10^{-3}$	0,001867
3	-1	+1	-1	13,34	13,37	$1,50 \cdot 10^{-4}$	0,0328
4	+1	+1	1	9,34	9,43	$1,35 \cdot 10^{-3}$	0,038133
5	-1	0	0	13,08	13,27	$5,80 \cdot 10^{-3}$	0,025867
6	+1	0	0	8,84	8,91	$7,40 \cdot 10^{-4}$	0,0128
7	0	-1	0	8,10	8,47	$2,32 \cdot 10^{-2}$	0,009333
8	0	+1	0	8,38	8,26	$2,40 \cdot 10^{-3}$	0,013867
9	0	0	0	8,20	7,95	$1,06 \cdot 10^{-2}$	0,008
—	—	—	—	—	—	$5,62 \cdot 10^{-2}$	0,181867
$F = \frac{S_{ad}^2}{S_b^2}$						0,31	

Критерій Фішера для отриманої математичної моделі $F = 0,31 \leq 4,87$, що свідчить про адекватність отриманої регресії.

Поверхню відгуку осмочутливості дріжджів від температури та тривалості активації наведено на рис. 2. Дані наведені з урахуванням похибки експерименту.

Як можна бачити з рис. 2 підвищення температури вище 35°C погіршує показник осмочутливості дріжджів та наближає їх характеристику до задовільної. З часом обробки показник осмочутливості майже не змінюється, але проведення процесу ПАД тривалістю понад $20 \cdot 60$ с вважається неефективним з точки зору витрат часу.

Таким чином, осмочутливість дріжджів досягає значення, що відповідає порогу максимального розпушення тіста при температурі близько 30°C та тривалістю обробки не більше $20 \cdot 60$ с.

Однак, зважаючи на те, що процес ПАД не використовують при виробництві дріжджового тіста за традиційною технологією, виявляється доцільним рівнятися на осмочутливість дріжджів тіста, виготовленого традиційним способом, тобто контролю. Ступінь осмочут-

ливості дріжджів тіста, виготовленого за традиційною технологією, на 5–8 % гірша за досліджувані зразки.

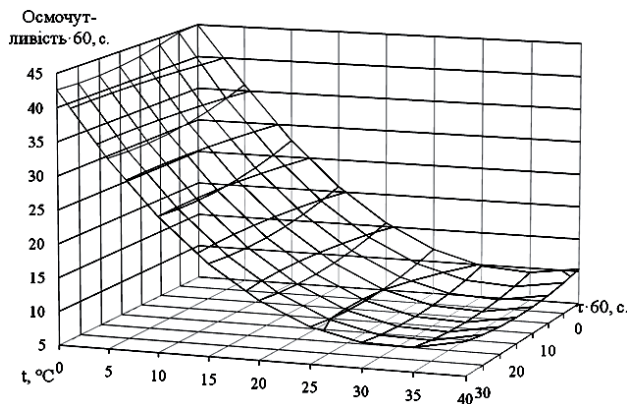


Рис. 2. Залежність осмочутливості від температури та тривалості попередньої активації дріжджів

Таким чином, температура 35°C є граничною для проведення процесу ПАД, а тривалість обробки довша за $20 \cdot 60$ с є недоцільною.

На третьому етапі було проведено дослідження з визначення оптимальних параметрів попередньої активації дріжджів.

З метою математичного обґрунтування оптимальної температури та тривалості ПАД використовували спосіб рішення компромісних задач багатопараметричної оптимізації методом сполучених градієнтів. Для обчислення авторами даної статті була використана надбудова «Пошук рішень» пакету MS Excel.

Метод полягає в обиранні цільової функції, лімітованої до встановленого значення, та описі обмежень з системи рівнянь.

Процес попередньої активації дріжджів залежить від параметрів:

- X_1 — температура, $^\circ\text{C}$;
- X_2 — тривалість активації, $\tau \cdot 60$ с.

В якості цільової функції обрано підйомну силу, як найбільш важливу функціонально-технологічну властивість дріжджів.

Бажано, щоб підйомна сила була якомога швидшою, тому цільову функцію лімітовано до її мінімально допустимого значення:

$$\lim_{X_1, X_2 \rightarrow 0} Y_1(X_1; X_2) \rightarrow \min. \quad (5)$$

В якості функцій, що характеризують обмеження процесу обробки, прийняті:

$Y_2(X_1; X_2)$ — осмочутливість:

$$Y_{21}(X_1; X_2) \leq 10. \quad (6)$$

Всі обмеження обрано таким чином, щоб продукт отриманий по знайдених оптимальних параметрах, що характеризують ефективність ПАД, перевищував контрольний зразок, виготовлений за традиційною технологією.

При розрахунках допущена відносна погрішність $1 \cdot 10^{-6}$, допустиме відхилення 5 %. Оптимізацію

виконували методом сполучених градієнтів. В ході проведеного розрахунку отримані наступні результати (табл. 7).

Таблиця 7

Параметри оптимізації

Ім'я	Змінні		Цільова функція	
	X_1	X_2	$Y_2(X_1; X_2)$	
Значення	32,7	18,9	$40,7 \rightarrow \min$	
	Обмеження			
$Y_2(X_1; X_2) =$		6,130	\leq	10

Таким чином, знайдене рішення відповідає всім вимогам. При даних параметрах з допустимим відхиленням 5 %, дріжджовий напівфабрикат має мінімально можливу підйомну силу дріжджів та переважає контроль за всіма параметрами. Оптиміальними параметрами ПАД є: температура 30...35 °С; тривалість процесу складає (18...20) · 60 с.

6. Обговорення результатів дослідження процесу попередньої активації дріжджів

Суть прискорених способів приготування тіста полягає в інтенсифікації мікробіологічних, біохімічних та колоїдних процесів, які протікають при дозріванні тіста.

В даній роботі запропоновано використання СКД отриманої із вторинних продуктів переробки картоплі у якості активатора дріжджового середовища. Доведено, що присутність у середовищі активації дріжджів СКД сприяє покращенню показників ферментативної активності досліджуваних зразків у порівнянні з контролем.

Відомо, що наявність поживних речовин у середовищі активації та їх доступність для споживання дріжджовими клітинами сприяють підвищенню енергії бродіння за рахунок перебудови енергетичного обміну з дихального на бродильний.

Проведеними раніше дослідженнями встановлено, що отримана СКД містить у своєму складі вуглеводи, азот, біогенні та олігобіогенні речовини, вітаміни тощо, що сприяє швидкій адаптації дріжджових клітин до борошняного тіста. Також доведено, що застосування СКД у рецептурі безопарного дріжджового тіста є виправданою з точки зору поліпшення газоутворювальної та газотримувальної здатності. Цей аспект дозволяє прогнозувати скорочення часу технологічного процесу розстоювання дріжджового тіста.

Дослідження по встановленню оптимальних параметрів процесу попередньої активації дріжджів є актуальними, тому що скорочення процесу тістоутворення планувалось за рахунок використання активованих дріжджів. В результаті проведених досліджень доведена доцільність використання СКД у середовищі попередньої активації за показниками осмочутливості та підйомної сили дріжджів.

7. Висновки

В результаті проведених досліджень встановлено:

1. Підйомна сила досягає значення, що відповідає порогу максимальної розпушеності тіста при параметрах

температури близько 30 °С, оптимальна зона тривалості припадає на (17...25) · 60 с.

2. Для показників осмочутливості встановлено, що температура 35 °С є граничною для проведення процесу ПАД, а тривалість обробки довша за 20 · 60 с є недоцільною.

3. Для проведення математичного обґрунтування оптимальної температури та тривалості ПАД використовували спосіб рішення компромісних задач багатопараметричної оптимізації методом сполучених градієнтів. Після проведення математичних обчислень було знайдено оптимальні параметри процесу ПАД: температура — 30...35 °С; тривалість процесу — (18...20) · 60 с.

Література

- Hammond, J. Yeast growth and nutrition [Text] / J. Hammond; by ed. K. Smart // *Brewing Yeast Fermentation Performance*. — Oxford, UK: Oxford Brookes University Press, 2000. — P. 77–85.
- Дробот, В. І. Технологія хлібопекарського виробництва [Текст] / В. І. Дробот. — К.: Техніка, 2006. — 408 с.
- Никифоров, Р. П. Розробка технології прісного листового напівфабрикату на основі молочної сироватки [Текст] / Р. П. Никифоров, О. В. Сабіров // *Технологічний аудит та резерви виробництва*. — 2015. — № 3/3(23). — С. 37–41. doi:10.15587/2312-8372.2015.44154
- Лебеденко, Т. Е. Современные подходы к выбору способа приготовления пшеничного хлеба [Текст] / Т. Е. Лебеденко, А. Я. Каминский, Р. П. Щелакова, Н. Ю. Соколова // *Пищевая наука и технология*. — 2010. — № 1(10). — С. 46–52.
- Пішоваров, О. А. Мікроструктурні особливості тіста на основі розчинів, підданих дії контактної нерівноважної плазми [Текст] / О. А. Пішоваров, С. Ю. Миколенко, Г. П. Тищенко // *Харчова наука і технологія*. — 2012. — № 1(18). — С. 67–70.
- Спосіб активації пресованих хлібопекарських дріжджів [Текст]: Пат. 54219 Україна, МПК С 12 N 1/18 / Дробот В. І., Басок Б. І., Ободович М. О., Семенко О. Ю.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій (Україна). — № 2002064865; заявл. 13.08.2002; опубл. 17.02.2003, Бюл. № 2. — 8 с.
- Спосіб виробництва дріжджового тіста [Текст]: Пат. 35433 Україна, МПК А 21 D 8/00, 8/02 / Козлова С. Г., Лисюк Г. М., Самохвалова О. В., Гвоздяк Р. І., Воцелко С. К.; заявник та патентовласник Харківська державна академія технологій та організації харчування (Україна). — № 99105595; заявл. 13.10.1999; опубл. 15.03.2001, Бюл. № 2. — 3 с.
- Спосіб одержання дріжджового тіста [Текст]: Пат. 50178 Україна, МПК А 21 D 8/02 / Сафонова О. М., Гавриш Т. В., Перцевий Ф. В., Панченко І. А.; заявник та патентовласник Сафонова О. М., Гавриш Т. В., Перцевий Ф. В., Панченко І. А. (Україна). — № 2001117630; заявл. 08.11.2001; опубл. 15.10.2002, Бюл. № 10. — 2 с.
- Погожих, М. І. Оптимізація концентрації добавки топінамбура і кратності подрібнення модельних фаршевих систем [Текст]: зб. наук. пр. / М. І. Погожих, В. А. Гнідєвич, А. В. Слащева // *Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі*. — Х.: ХДУХТ, 2005. — Ч. 1. — С. 81–86.
- Ільдірова, С. К. Використання сухої картопляної добавки в технології виробництва дріжджового напівфабрикату [Текст] / С. К. Ільдірова, О. О. Сімакова, С. Ю. Попова // *Вісник Донецького національного університету економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського. Сер.: Технічні науки*. — 2014. — № 1. — С. 54–62.

11. Пашенко, Л. П. Биотехнологические основы производства хлебобулочных изделий [Текст] / Л. П. Пашенко. — М.: Колос, 2002. — 368 с.
12. Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников [Текст] / А. И. Кобзарь. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 816 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ АКТИВАЦИИ ДРОЖЖЕЙ

Рассмотрен математический расчет зависимости подъемной силы и осмочувствительности дрожжевых клеток в зависимости от температуры и продолжительности процесса предварительной активации дрожжей (ПАД). Планирование эксперимента было выполнено согласно ортогональному симметричному плану Бокса-Бенкина. В результате проведенных экспериментальных и расчетных задач были определены оптимальные параметры активации дрожжей в присутствии сухой картофельной добавки (СКД).

Ключевые слова: сухая картофельная добавка, предварительная активация дрожжей, подъемная сила дрожжей, осмочувствительность.

Попова Світлана Юрївна, кандидат технічних наук, кафедра технологій в ресторанному господарстві та готельної і ресторанної справи, Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського, Кривий Ріг, Україна, e-mail: Rez_ok@mail.ru.

Никифоров Радіон Петрович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра технологій в ресторанному господарстві та готельної і ресторанної справи, Донецький національний універ-

ситет економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського, Кривий Ріг, Україна.

Слащева Аліна Вячеславівна, кандидат технічних наук, кафедра технологій в ресторанному господарстві та готельної і ресторанної справи, Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського, Кривий Ріг, Україна.

Попова Светлана Юрьевна, кандидат технических наук, кафедра технологий в ресторанном хозяйстве и гостиничного и ресторанного дела, Донецкий национальный университет экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского, Кривой Рог, Украина.

Никифоров Радислав Петрович, кандидат технических наук, доцент, кафедра технологий в ресторанном хозяйстве и гостиничного и ресторанного дела, Донецкий национальный университет экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского, Кривой Рог, Украина.

Слащева Алина Вячеславовна, кандидат технических наук, доцент, кафедра технологий в ресторанном хозяйстве и гостиничного и ресторанного дела, Донецкий национальный университет экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского, Кривой Рог, Украина.

Popova Svitlana, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kriviy Rih, Ukraine, e-mail: Rez_ok@mail.ru.

Nykyforov Radion, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kriviy Rih, Ukraine.

Slasheva Alina, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kriviy Rih, Ukraine

УДК 661.743.73

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.51052

**Ал-Хаддад Дж. А.,
Киселёва-Логинова Е. В.,
Попов Е. В.**

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ 9-СУКЦИНИЛ-8-ДЕКЕНОВОЙ КИСЛОТЫ

Предложены технология и принципиальная схема получения нового поверхностно-активного вещества — 9-сукцинил-8-декеновой кислоты — аддукта малеинового ангидрида и остатка олеиновой кислоты. Представлена блок-схема основных стадий и потоков. Показаны достоинства и недостатки технологии. Оговорено оборудование и особенности технологической схемы, связанные со свойствами исходных веществ и продуктов. Показано, что технология является экологически и экономически выгодной.

Ключевые слова: малеиновый ангидрид, олеиновая кислота, аддукт, технология 9-сукцинил-8-декеновой кислоты, технологическая схема.

1. Введение

Широкая сфера применения поверхностно-активных веществ (ПАВ) способствует активному развитию технологической промышленности по получению и модификации таких веществ. Высокие требования потребителей к продукции стимулируют промышленность улучшать технологии и качество производства. Так, используемые вещества должны быть безвредны для человека, произ-

ведены из натурального возобновляемого сырья и не должны приносить вред природе. Потому в промышленности наблюдается тенденция поиска новых источников сырья для химических производств, удовлетворяющих всем требованиям. Для исследований данной работы — получения нового поверхностно-активного вещества, таким сырьем избрана олеиновая кислота.

Ранее в [1] рассмотрена возможность взаимодействия малеинового ангидрида (МА) с производными